Boukhobza OMAR
SMA-1
G-2

1

UNIVERSITE ABDELMALEK ESSAADI
FACULTE DES SCIENCES DE TETOUAN

Δl₀ : 131 - 117 mm

MODULE DE PHYSIQUE 1

TRAVAUX PRATIQUES

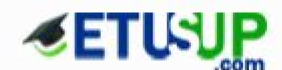
MANIPULATIONS

I/ Unité de mécanique :

1/ PENDULE SIMPLE
2/ ETUDE STATIQUE DES RESSORTS
3/ ETUDE DYNAMIQUE DES RESSORTS

II/ Unité de thermodynamique

4/ CALORIMETRIE I
5/ CALORIMETRIE II



UNITE DE THERMODYNAMIQUE



Manipulation n°4

MESURE DE LA CHALEUR LATENTE DE FUSION DE LA GLACE

I. / But de la Manipulation :

On se propose de mesurer la chaleur latente L de fusion de la glace.

II. / Chaleur

Primitivement, la chaleur était considérée comme une grandeur intrinsèque et disposait de sa propre unité, la calorie. Ce n'est qu'au XIX siècle que les travaux de Joule-Mayer ont montré l'équivalence entre le travail et la chaleur. La chaleur est une forme d'énergie appelée souvent énergie thermique.

Très souvent, l'esprit associe intuitivement la notion de chaleur à celle de la température. Pourtant ces deux notions sont totalement différentes. La température caractérise un état du système alors que la chaleur correspond à un transfert d'énergie. Ainsi , la chaleur peut :

- modifier la température du système :
  - La température diminue si la chaleur est cédée par le système.
  - La température augmente si elle est reçue par le système.
- modifier la forme du système : c'est le phénomène de la dilatation.
- provoquer un changement de phase tel que la fusion, la vaporisation, ...

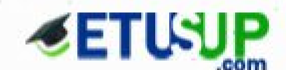
La chaleur est une grandeur mesurable. La calorimétrie est le domaine de la thermodynamique consacré à la mesure des quantités de chaleur, on la réalise dans des enceintes appelés calorimètres.

II.1 / Changement de phase d'un corps pur

Lorsque l'on travaille sous une pression fixe, le changement de phase d'un corps pur se fait à température constante. L'échange thermique avec le milieu extérieur ne modifie donc ni la pression ni la température, mais permet de le passage d'une certaine masse du corps d'une phase à l'autre.

II.1.1 / La chaleur latente de fusion de la glace

Définition :



La chaleur latente de fusion de la glace L est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 gramme de glace prise à 0°C et à pression constante pour la transformer en 1g d'eau liquide à la même température.

II.2 / **Principe de la manipulation** .

Pour déterminer la chaleur latente de fusion de la glace, on opère par la méthode des mélanges au moyen d'un calorimètre de BERTHOLET (Voir fig. 1).

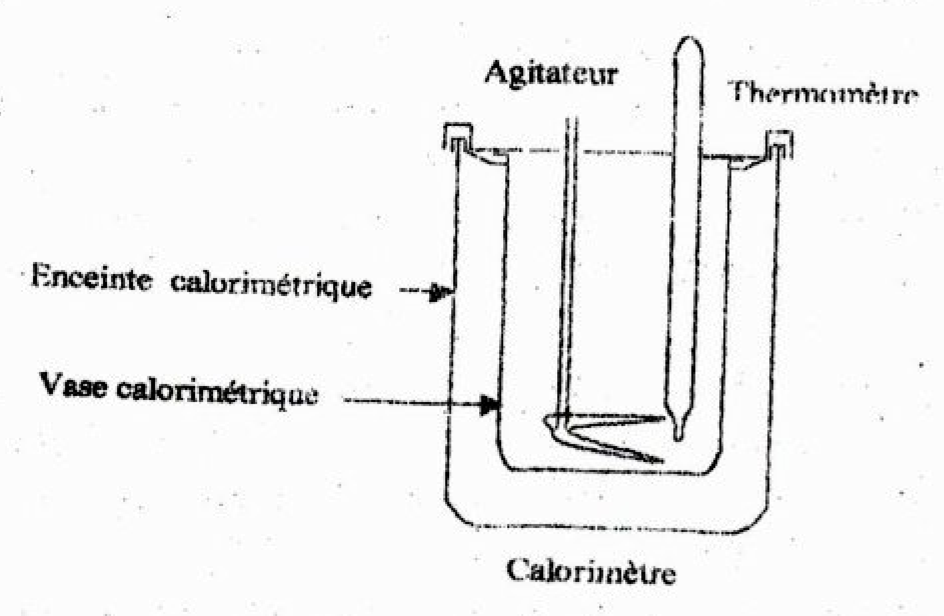


Figure -1-

On dispose d'un calorimètre dont on détermine la masse à vide (m). On le remplit d'une masse M d'eau à une température initiale θ_i. On introduit quelques cubes de glace (de masse M') dans l'eau du calorimètre . On remarque que la température à l'intérieur du calorimètre commence à baisser jusqu'à une certaine limite notée θ_f (température finale) où toute la glace a fondu. Ensuite on constate une légère augmentation de la température.

Equation calorimétrique décrivant le phénomène .

Les principes qui régissent la calorimétrie sont en fait déduits du premier principe de la thermodynamique. Au cours d'une transformation à pression constante, la quantité de chaleur échangée Q par le système est égale à sa variation d'enthalpie ΔH .

Ainsi : ΔH = *Q (reçue par la glace)* = *Q (cédée par l'eau et le calorimètre et ses accessoires)*

La quantité de chaleur reçue par la glace sert à la transformer en eau liquide à O°C et à élever sa température de O°C à θ_f, elle est égale à la quantité de chaleur perdue par l'eau et le calorimètre et ses accessoires quand la température s'abaisse de θ_i et θ_f.

A pression constante, la quantité de chaleur échangée par un corps donné lorsque sa température varie de la température initiale θ_i à la température finale θ_f, s'écrit :

$$Q = MC\,(\theta_f - \theta_i),$$

où C désigne la capacité calorifique massique à pression constante du corps étudié.

En calorimétrie, on utilise une grandeur appelée la valeur en eau du calorimètre et notée μ, elle correspond à une masse d'eau qui échangerait la même quantité de chaleur que le calorimètre et ses accessoires (agitateur, thermomètre,...). C'est une masse fictive qui joue le même rôle que le calorimètre et ses accessoires. Elle est généralement connue ou préalablement mesurée.

Si on désigne par L, la chaleur de fusion de la glace, par μ la valeur en eau (ou l'équivalem en eau) du calorimètre et par C la chaleur spécifique de l'eau, on peut écrire :

$$M'L + M'C(\theta_f - O) = (M + \mu)C(\theta_i - \theta_f)$$

d'où

$$L = \frac{(M + \mu)C(\theta_i - \theta_f)}{M'} - C\theta_f$$

II.3 / ***Manipulation :***

II.3.1 / ***Mesure de la valeur en eau du calorimètre*** μ

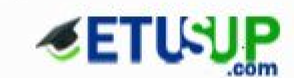
- Mettre dans le vase calorimétrique une masse M d'eau (environ 250g) à la température ambiante, attendre que l'équilibre soit atteint et mesurer la température θ_i.
- Mettre dans un autre récipient environ 250g d'eau à la température ambiante, introduire dans ce récipient deux ou trois cubes de glaces et agiter jusqu'à la fusion totale de la glace, mesurer la température θ_1. Déterminer aussi la masse totale M_1.
- Ajouter cette eau froide dans le calorimètre, fermer et mettre en place le thermomètre, attendre l'équilibre et mesurer la température finale θ_f du mélange.

Le bilan énergétique de cet ensemble permet d'écrire :

$$(M+\mu).C.(\theta_f - \theta_i) + M_1.C.(\theta_f - \theta_1) = 0$$

En déduire μ .





II.3.2 / Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace

Déterminer la masse du vase calorimétrique intérieure et de l'agitateur par pesée à la balance de Mettler.

- Remplir ce vase d'une masse M d'eau (environ 450g) à la température ambiante θ_i.

Déterminer précisément cette masse M par pesée à la balance de Mettler.

- Replacer le vase dans le calorimètre, fermer et mettre en place le thermomètre.
- Noter toutes les minutes et pendant 5 minutes la température de l'eau dans le calorimètre. Cette température θ_i doit être constante. Si elle variait avec le temps, attendre qu'elle se stabilise.

Introduire 2 à 3 cubes de glace dans le calorimètre. (Eponger rapidement ces cubes de glaces juste avant de les plonger dans le calorimètre pour ne pas introduire d'eau à 0°C). Agiter doucement et constamment.

- Relever toutes les 30 secondes pendant la fusion de la glace puis toutes les minutes après la fin de la fusion pendant 5 minutes les variations de température de l'eau du calorimètre.
- Quand le relevé des températures est terminé, enlever le thermomètre puis le couvercle et peser le vase calorimétrique et avec la deuxième pesée citée précédemment, déterminer la masse de glace M' qui a été introduite dans le calorimètre.

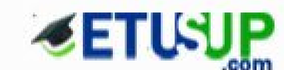
II.4 / Calculs et résultat.

- Présenter le relevé de température dans un tableau suivant le modèle ci-dessous :

t en min	-5'	-4'	-3'	...	0	30''	1'	1'30''	...	x'	x'+1'	x'+2'	...	x'+5'
$\theta°$					θ_i					θ_f 10,5				

- Tracer la variation de θ en fonction du temps.

Après la fin de la fusion, la température de l'eau dans le calorimètre a continué d'augmenter ce qui prouve que le milieu extérieur cède de la chaleur au vase calorimétrique et que l'enceinte calorimétrique n'est pas parfaitement adiabatique. Par conséquent nous pouvons déduire que la quantité de chaleur reçue de l'extérieur a eu lieu aussi pendant la fusion, ce qui nous impose d'effectuer une correction calorimétrique dans les calculs.



Correction calorimétrique.

Pour effectuer cette correction, nous admettrons qu'en première approximation , la quantité de chaleur reçue par le vase calorimétrique (et cédée par l'extérieur) par unité de temps pendant la fusion est égale à cette même quantité après fusion.

Soit $\Delta\theta$ est l'augmentation moyenne de la température par minute, pendant les 5 minutes qui suivent la fin de la fusion, la quantité moyenne de chaleur reçue par le vase calorimétrique par minute est :

$$q = (M + M' + \mu)C\Delta\theta$$

et pendant les x minutes que dure la fusion

$$\Delta Q = q.x$$

Dans ces conditions :

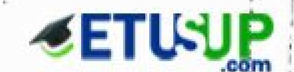
$$L = \frac{(M + \mu)C\,(\theta_i - \theta_f) + \Delta Q}{M'} - C\theta_f$$

Calculer L et ΔL .

Dans le domaine de température concerné $(\theta_i - \theta_f)$ au voisinage de la température ambiante, nous admettons que la chaleur spécifique de l'eau est constante et égale à 1 cal/g.

Remarque :

Pour calculer ΔL, différencier la relation $M'L = (M + \mu)C(\theta_i - \theta_f) + \Delta Q - M'C\theta_f$ et passer aux incertitudes après avoir effectué les regroupements nécessaires. Ne pas utiliser les dérivées logarithmiques dans ce cas qui alourdiraient le calcul.



Manipulation n°5

DETERMINATION DE L'EQUIVALENT MECANIQUE DE LA CHALEUR

I. / But de la Manipulation :

On se propose de mesurer le coefficient J défini par :

$$W=JQ$$

Où W est une énergie électrique exprimée en joules, et Q la quantité de chaleur équivalente exprimée en calories.

II/ Evolution historique du concept de la chaleur

Avant le XIX ème siècle, la chaleur était considérée comme une grandeur intrinsèque de la matière. Au XIII ème siècle, on a introduit la notion de calorique qui serait un "fluide invisible et non visqueux " qui passe par contact des corps chauds vers les corps froids, ainsi l'élévation de la température d'un corps s'explique par l'augmentation du calorique de ce corps. Vers la fin du XIII ème siècle, le physicien Black a fait la distinction entre chaleur et température, il crée "la calorie". Il a montré également qu'un corps pur peut recevoir de la chaleur sans que sa température change, c'est le cas de la fusion de la glace par exemple, il l'a nommée "chaleur latente". Le physicien Rumford a déduit de ses travaux que la chaleur est à associer avec l'agitation moléculaire et qu'en aucun cas on ne peut lui associer le mouvement d'un fluide (calorique). Néanmoins, en cette fin du XVIII ème siècle, la théorie du calorique était presque uniformément reconnue. Seuls quelques physiciens tels que Bernoulli, La place et Fresnel considéraient alors que la chaleur provenait des chocs entre les molécules les unes contre les autres.

C'est à partir de 1840 que Joule met fin à cette théorie du calorique et a montré que le travail et la chaleur étaient deux formes différentes d'une même grandeur : l'énergie. Son expérience consistait à fournir du travail mécanique à une certaine quantité d'eau, par l'intermédiaire de poids, ce qui augmentait la température de l'eau. On laissait ensuite le système céder de la chaleur jusqu'à retrouver sa température initiale.



On constate que, quel que soit le système considéré, le rapport entre chaleur et travail est une constante qui ne dépend que des unités utilisées. Le coefficient de proportionnalité J est homogène à des Joules par calories. C'est l'équivalent mécanique de la chaleur.

*III. / **Mesure de J***

*III.1 / **Principe***

Dans cette manipulation, on fournit à une quantité d'eau un travail sous forme électrique en faisant passer un courant électrique dans une résistance immergée dans l'eau. Sa température augmente, on peut donc calculer la quantité de chaleur reçue par l'eau et en déduire l'équivalent mécanique de la chaleur.

Une petite résistance chauffante est immergée dans l'eau contenue dans le vase calorimétrique (fig.2). Lorsqu'on fait passer un courant dans la résistance, la température de l'eau s'élève.

Si on connaît :

- l'énergie électrique W dépensée.
- la masse d'eau contenue dans le calorimètre
- l'élévation de température de cette masse d'eau.

On peut calculer la valeur de J à partir de la relation : $\boxed{W = JQ}$

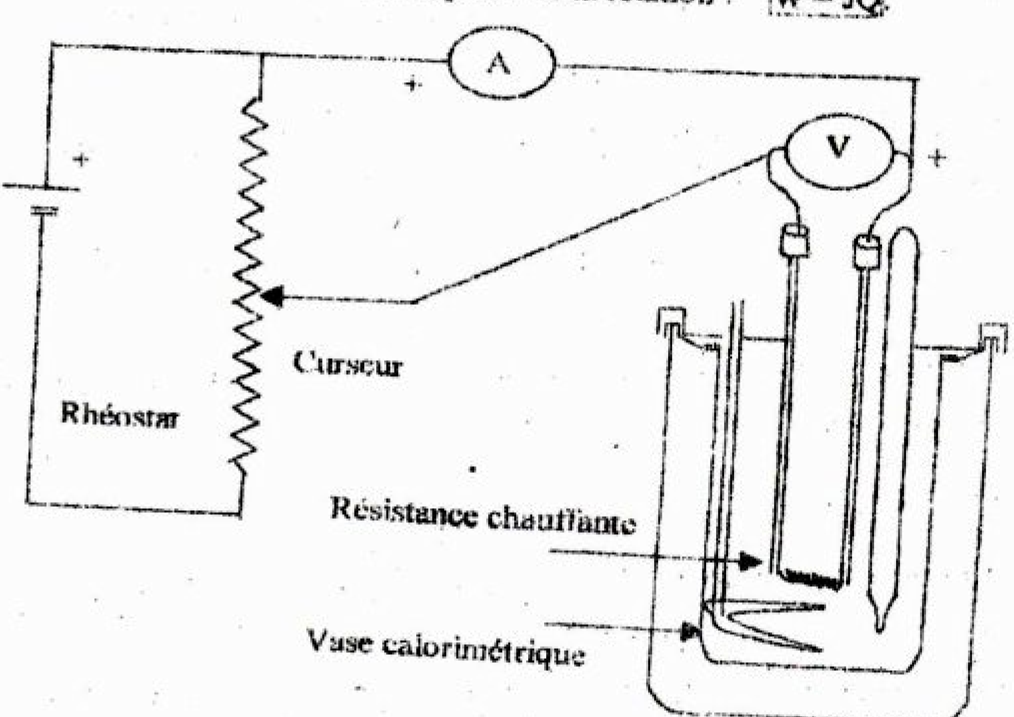


Figure -2-

Sur le schéma, la résistance chauffante est en série avec un ampèremètre et en parallèle avec un voltmètre qui donnent respectivement l'intensité I, et la tension V. Soit t le temps pendant lequel le courant passe et qui correspond à une élévation de température de l'eau égale à $\Delta\theta$.

Nous avons : $W = V.I.t$ (l'énergie électrique dépensée dans la résistante chauffante AB). μ désigne la valeur en eau du calorimètre, M la masse d'eau contenue dans celui-ci et $\Delta\theta$ l'élévation de température mesurée. La quantité de chaleur Q absorbée par l'ensemble est donnée par la relation :

$$Q = (M + \mu)\ C\ \Delta\theta$$

Nous prendrons C = 1 cal/g. L'équation calorimétrique s'écrit alors : $V.I.t = J(M + \mu)C\Delta\theta$

D'ou on tire J :

$$\boxed{J = \frac{VIt}{(M+\mu)c\,\Delta\theta}}$$

III .2 / Manipulation

Déterminer la masse du vase calorimétrique intérieure et de l'agitateur par pesée à la balance de Mettler. Remplir ce vase d'une masse M d'eau (environ 450g) à la température ambiante θ_i.

Sa température θ_i doit être de quelques degrés inférieure à la température ambiante θ_o (ajouter s'il le faut un cube de glace et le faire fondre dans l'eau).

Effectuer le montage du circuit électrique. Un rhéostat Rh est prévu pour régler l'intensité du courant passant dans la résistance chauffante.

Mettre en marche l'alimentation juste le temps pour amener *le courant* à la valeur $I = 1,5A$, ceci en agissant sur Rh.

Après avoir coupé le courant agiter et attendre que la température se stabilise . Noter cette température, soit θ_i (température initiale).

- repérer la température ambiante θ_o.
- Fermer le circuit électrique et déclencher simultanément le chronomètre puis agiter doucement et constamment.
- Noter les températures croissantes de l'eau toutes les minutes, tout en maintenant l'intensité du courant constante en agissant sur Rh.

- Noter la d.d.p. V aux bornes de la résistance chauffante ainsi que ΔV. Couper le courant lorsque la température de l'eau aura atteint la valeur θ_f (température finale).

Simultanément à cette coupure de courant, arrêter le chronomètre, en déduire t et Δt.

- Suivre encore quelques minutes l'évolution de la température pour s'assurer que θ_f correspond bien la température maximale.

Calculer $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$ ainsi que $\Delta(\Delta\theta)$.

- Des mesures précédentes déduire ($W \pm \Delta W$) en Joule et ($Q \pm \Delta Q$) en calorie).

En déduire les valeurs de $J = W/Q$, de ΔJ et de $\Delta J/J$.

- Regrouper tous les résultats dans un tableau dans lequel seront notées les valeurs de I, V, t, M, $\mu, \theta_0, \theta_i, \theta_f, \Delta\theta, W$, Q et J.

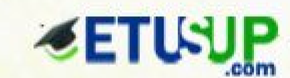
Chaque résultat doit être accompagné de son incertitude.

Remarque :

Concernant les corrections calorimétriques, on admettra en première approximation que quand la condition $\theta_f - \theta_0 = \theta_0 - \theta_i$ est satisfaite, il n'y a aucune correction calorimétrique à effectuer.

En effet, tant que la température de l'eau dans le vase calorimétrique est inférieure à la température ambiante , le flux de chaleur est inversé (de l'intérieur vers l'extérieur). La variation de température étant linéaire en fonction du temps ($\theta < \theta_0$) est égale en valeur absolue à celle qui est cédée dans le 2ème temps ($\theta > \theta_0$). Le bilan des échanges avec l'extérieur est donc nul.

Si la condition $\theta_f - \theta_0 = \theta_0 - \theta_i$ n'est pas satisfaite, il faut effectuer les corrections calorimétriques suivant la méthode décrite dans le TP N°3.




ETUSUP.com